

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektrotechniky 420

Projektování elektrických rozvodů a systému  
řízení čerpacích stanic

Design power distribution and control system  
of pumping station

2011

Jan Šerjeník

### **Místopřísežné prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 6. května 2011



Jan Šerjeník

**Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby**

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě dne 6. května 2011



podpis a razítko

**PROSPECT**  
spol. s r.o. 1  
Výstavní 2224/8  
709 00 Ostrava - Mar. Hory

### **Poděkování**

Děkuji jednateři a řediteli firmy PROSPECT spol. s r.o., Ing. Janu Vilímovi za umožnění vypracování bakalářské práce v prostředí společnosti.

Dále také děkuji panu Ing. Petru Sajovi, z téže společnosti, za odbornou přípravu během vypracovávání této závěrečné bakalářské práce a za získané praktické dovednosti v dané odborné problematice projektování elektrických zařízení.

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh rozvodů elektrické energie v čerpací stanici a seznámit se s dokumentacemi, které je nutno vypracovat při realizaci těchto rozvodů. Dokumentace jsou v rozsahu pro stavební povolení a provádění stavby. Rozvody elektrické energie zahrnují přípojku nízkého napětí pro čerpací stanici, napájení třífázových asynchronních motorů čerpadel, ovládání a dálkový přenos dat o stavu čerpací stanice včetně zabezpečení čerpací stanice proti neoprávněnému vniknutí. Dále jsou uvedeny výpočty základních parametrů, na jejichž základě jsou navržena čerpadla, která budou čerpat odpadní vodu do čističky odpadních vod, a základní technické údaje včetně technického řešení přípojky nízkého napětí a technického řešení čerpací stanice. Návrh rozvodů elektrické energie je zakreslen v softwaru *ePlan P8* a *AutoCAD* v souladu s platnou legislativou.

## Klíčová slova

čerpací stanice, přípojka nízkého napětí, čistička odpadních vod, *ePlan P8*, *AutoCAD*

## Abstract

The aim of this bachelor thesis is to design power distribution in the pumping station and get to know the extent of creating documentation for the building permit application and construction, to be developed for implementation of these distributions. The proposed powerline connection include low-voltage pumping stations, water pumps, three-phase asynchronous motors, remote control and data indicating the status of the pumping station, including security against unauthorized intrusion. The following are the calculations of basic parameters on the basis of the proposed pumps to draw water into the waste water treatment plants and basic technical information, including technical solutions for low voltage connections and the technical solution pumping station. Draft power lines will be drawn using the software *ePlan P8* and *AutoCAD*, in accordance with current legislation.

## Keywords

pumping station, connection of low voltage, waste water treatment plant, *ePlan P8*, *AutoCAD*

## Seznam použitých symbolů a zkratek

ČSOV	čerpací stanice odpadních vod
ČOV	čistička odpadních vod
EZS	elektronický zabezpečovací systém
ČS	čerpací stanice
nn	nízké napětí
RE1	elektroměrový rozvaděč
RM1	rozvaděč čerpací stanice
R1	pojistková skříň
$Re$	Reynoldsovo číslo
$Q_{24}$	objemový průtok kapaliny za den
$Q_h$	objemový průtok kapaliny za hodinu
$Q_s$	objemový průtok kapaliny za vteřinu
$\rho$	hustota kapaliny
$\gamma$	kinematická viskozita kapaliny
$\lambda$	součinitel tření potrubí
$\zeta$	součinitel místní ztráty
$h_{\text{stat}}$	maximální statická výška
$h$	výtlačná výška
$D$	průměr potrubí
$S_p$	průřez potrubí
$l$	délka potrubí
$g$	gravitační zrychlení
$p_{\text{sp}}$	statický úbytek tlaku
$p_{\text{zm}}$	tlaková ztráta místními odpory
$h_{\text{sp}}$	výšková ztráta statickým úbytkem tlaku
$h_{\text{zm}}$	výšková ztráta místními odpory
$P_1$	maximální současný příkon
$P_2$	instalovaný výkon
$P_{11}$	příkon čerpadla v pracovním bodu
$P_{22}$	výkon 3f asynchronního motoru
$I_{\text{Nk}}$	dovolené proudové zatížení dle druhu uložení kabelu
$I_{\text{Nč}}$	jmenovitý proud čerpadla
$I_{\text{rč}}$	rozběhový proud čerpadla
$\vartheta$	teplota
$k_1$	korekční činitel teploty prostředí
$k_2$	korekční činitel pro seskupování kabelů
$\rho_{\text{Cu}}$	rezistivita mědi
$l_v$	délka měděného vodiče
$S_{\text{Cu}}$	průřez měděného vodiče
$U_{[\%]}$	procentní úbytek napětí

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teoretický rozbor.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	Dokumentace přípojky nízkého napětí k čerpací stanici odpadních vod .....	4
2.1.2	Elektrotechnická dokumentace čerpací stanice odpadních vod .....	4
<b>2.2</b>	<b>Vybavení čerpací stanice odpadních vod .....</b>	<b>5</b>
2.2.1	Jímka čerpací stanice.....	5
2.2.2	Návrh čerpadla odpadní vody .....	6
2.2.2.1	Výpočet parametrů čerpadla .....	7
2.2.2.2	Parametry navrženého čerpadla .....	10
2.2.3	Elektrické přístroje a snímače .....	11
2.2.4	Rozvaděče .....	13
2.2.5	Kabely a vodiče.....	14
2.2.5.1	Ověření průřezu silových kabelů čerpadel .....	15
<b>3</b>	<b>Realizace .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Přípojka nízkého napětí k čerpací stanici odpadních vod.....</b>	<b>17</b>
3.1.1	Základní technické údaje.....	17
3.1.2	Technické řešení .....	18
<b>3.2</b>	<b>Čerpací stanice odpadních vod .....</b>	<b>19</b>
3.2.1	Základní technické údaje.....	19
3.2.2	Technické řešení .....	20
<b>4</b>	<b>Zhodnocení zkušeností získaných ve firmě.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>25</b>
	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>26</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>27</b>

# 1 Úvod

S čističkami odpadních vod (dále jen ČOV) se setkáváme u větších obcí a měst, aby bylo zamezeno kontaminaci vody z okolních objektů. Mezi tyto objekty patří průmyslové výrobní objekty, města a obce. Na čističku je možné napojit více objektů, obcí nebo měst. Každé nové napojení na ČOV je však nutno pečlivě zvážit a vyhodnotit, zda je schopna ČOV toto množství vody zpracovat, popřípadě bude-li nutné ČOV rozšířit, aby byla schopna tuto dodatečnou zátěž zvládnout.

Čerpací stanice odpadních vod jsou mezičlánkem dopravy odpadní vody do ČOV. Jedná se o malou stavbu, vybavenou potřebnou technologií pro čerpání odpadní vody, zabezpečenou proti cizímu vniknutí a proti neoprávněnému zásahu do zařízení. Odpadní voda je vedena sítí kanalizací z jednotlivých napojených objektů. ČS se instalují v případech, kdy voda nemůže stékat kanalizací gravitačně do ČOV.



Obr. 1- Objekt čerpací stanice

Voda je v čerpací stanici akumulována do podzemní jímky, opatřené havarijním přepadem. Havarijní přepad je gravitačně sveden do řeky a je využíván v případě havárie technologie ČS nebo v případě velkých přívalových vod, kdy je větší přítok než odtok z jímky. Technologickým zařízením, pomocí kterého je voda čerpána z jímky do ČOV, jsou kalová čerpadla s asynchronními motory. Hladina odpadních vod je v této jímce sledována ultrazvukovým snímačem a doplněna havarijními plováky maximální a minimální hladiny. V jímce jsou instalována dvě čerpadla, z nichž je vždy jedno v režimu provozu a druhé v režimu záskoku. Důvodem tohoto technického řešení je zabezpečit 100% zálohování provozu, pro případ selhání jednoho z čerpadel. V běžném provozu jsou čerpadla provozována střídavě, aby docházelo k jejich rovnoměrnému opotřebení. Čerpadla jsou tedy střídavě provozována po nastaveném počtu provozních hodin. Celý systém je řízen pomocí telemetrické stanice RESAT 03.



Základním smyslem této práce je návrh rozvodů elektrické energie v čerpací stanici odpadních vod. Obsahem práce nebyl návrh softwaru pro řízení čerpací stanice v automatickém režimu, ani výpočet velikostí podzemní jímky, jelikož se tímto zabývají firmy z jiného oboru, které mají v této oblasti dostatečné zkušenosti a znalosti, např. KONEKO spol. s r.o..

## 2 Teoretický rozbor

### 2.1 Dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby

Před zahájením technické realizace výstavby kanalizační sítě s čerpacími stanicemi odpadních vod v dané lokalitě je nutno postupně vypracovat dokumentace pro územní řízení, stavební povolení a pro provádění stavby. V jednotlivých stupních dokumentace jsou podrobně zpracovávány podmínky, za kterých bude moci být stavba realizována, včetně veškerých souhlasných projednání s veřejnoprávními dotčenými organizacemi.

Dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby se člení na tyto základní části:

*Identifikační údaje stavby* uvádí název stavby, identifikační údaje stavebníka, umístění stavby, kraj, charakter stavby, generálního projektanta, projektanta dané části, generálního dodavatele a stupeň dokumentace.

*Účel projektu* - pojednává o tom, co daná technická zpráva řeší.

*Obsah projektu* - popisuje části, které projekt řeší, a části, kterými se projekt nezabývá.

*Projektové podklady* - jsou informace, na základě kterých byl projekt zpracován.

*Základní technické údaje* - obsahují informace o napěťových soustavách, energetické údaje, údaje o ochraně před úrazem elektrickým proudem, zkratové poměry v síti. Dále informace o ochraně proti zkratu a přetížení, vnější vlivy a požadavky na provedení díla.

*Technické řešení* - popisuje instalovaná zařízení, rozvaděče, režimy provozu, provozní čidla, kabelová vedení, uzemnění, pospojování a další důležité informace potřebné k provedení práce.

*Požadavky na ostatní profese* - popisují úkony, které budou prováděny jinými firmami, nebo úkony, které firma nebude provádět.

*Ochrana zdraví a bezpečnost při práci* - jsou zásady, které je nutno dodržovat při výkonu prací během provádění díla.

*Ochrana a péče o životní prostředí* - se týká zákonů o lesích, ochraně přírody a krajiny, které by stavbou neměly být dotčeny.

*Odpady* - se týkají ekologické likvidace vzniklých odpadů a zařazení do kategorie odpadů.

*Přílohy* - většinou obsahují výkresy a schémata.

### **2.1.1 Dokumentace přípojky nízkého napětí k čerpací stanici odpadních vod**

Dokumentaci přípojky nn k ČSOV předchází zaslání žádosti o připojení odběrného místa na distributora elektrické energie (ČEZ, E.ON apod.), ve které se uvádí žadatel, místo připojení a požadovaný rezervovaný příkon. Teprve na základě jeho vyjádření a stanovení podmínek je možno zpracovat dokumentaci přípojky nn. Tato dokumentace musí být zpracována v souladu s tímto vyjádřením a musí být odsouhlasena distributorem elektrické energie. Dokumentace musí být zpracována dle platných norem ČSN a musí obsahovat i poučení o bezpečnosti práce během provádění prací dle platných vyhlášek a nařízení vlády ČR.

Podle odsouhlasené dokumentace a vydání stavebního povolení může být přípojka nn realizována firmou, která má oprávnění k provádění této činnosti.

Dokumentace obsahuje tyto části:

- technická zpráva
- seznam dodávek a prací
- výkaz výměr
- přehledové schéma napájení
- návrh přípojkové skříně R1
- návrh elektroměrového rozvaděče RE1
- situace přípojky
- křížení a souběh vedení

### **2.1.2 Elektrotechnická dokumentace čerpací stanice odpadních vod**

Tato dokumentace se zabývá elektrickými zařízeními, která budou instalována do objektu čerpací stanice. Stanovuje způsob provedení ochranného uzemnění, kde budou zařízení instalována, jakým způsobem a čím budou chráněna a připojena. Tato ustanovení vychází z norem ČSN, konkrétně z normy pro uzemnění a ochranné vodiče ČSN 33 2000-5-54 ed. 2 a normy pro elektrická zařízení ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 a z dále souvisejících norem. Musí obsahovat i poučení o bezpečnosti během provádění prací a prací na zařízení dle norem ČSN a Nařízení vlády ČR.

Na základě této dokumentace se opět zhotovují cenové nabídky ve výběrovém řízení, je tedy důležité, aby byla co nejpodrobněji zpracována.

Obsahuje dále kromě prvních tří bodů společných pro obě dokumentace:

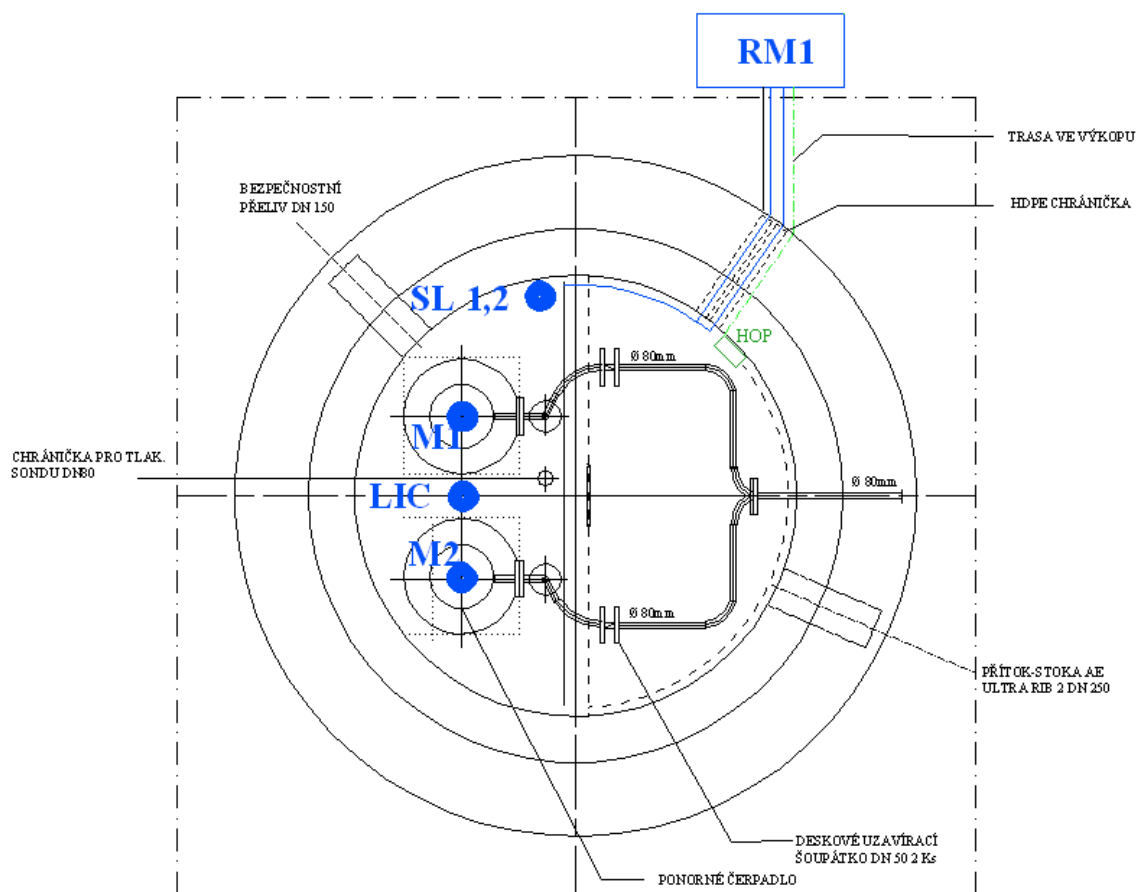
- seznam vstupů a výstupů
- rozvaděč RM1
- dispozice

## 2.2 Vybavení čerpací stanice odpadních vod

### 2.2.1 Jímka čerpací stanice

Základ čerpací stanice tvoří většinou celoplastová kruhová nádrž, do níž jsou nainstalována čerpadla poháněná trojfázovými asynchronními motory na krátko a ostatní technologická zařízení (výtlačné potrubí, ventily, ultrazvukový snímač hladiny, plovákové spínače). Návrh jímky je složitý, stanovuje se zjednodušeně z množství odpadní vody, která přitéká do jímky z napojeného objektu za stanovenou dobu. Od toho se odvíjí akumulací prostor (objem jímky), který musí být dimenzován pro několika hodinovou akumulaci přitékajících splaškových vod v případě výpadku elektrického napájení.

Velký důraz je také kladen na co nejmenší finanční náklady, od nichž se odvíjí materiál a velikost jímky. Je tedy vždy snaha o jakýsi kompromis při návrhu její velikosti.



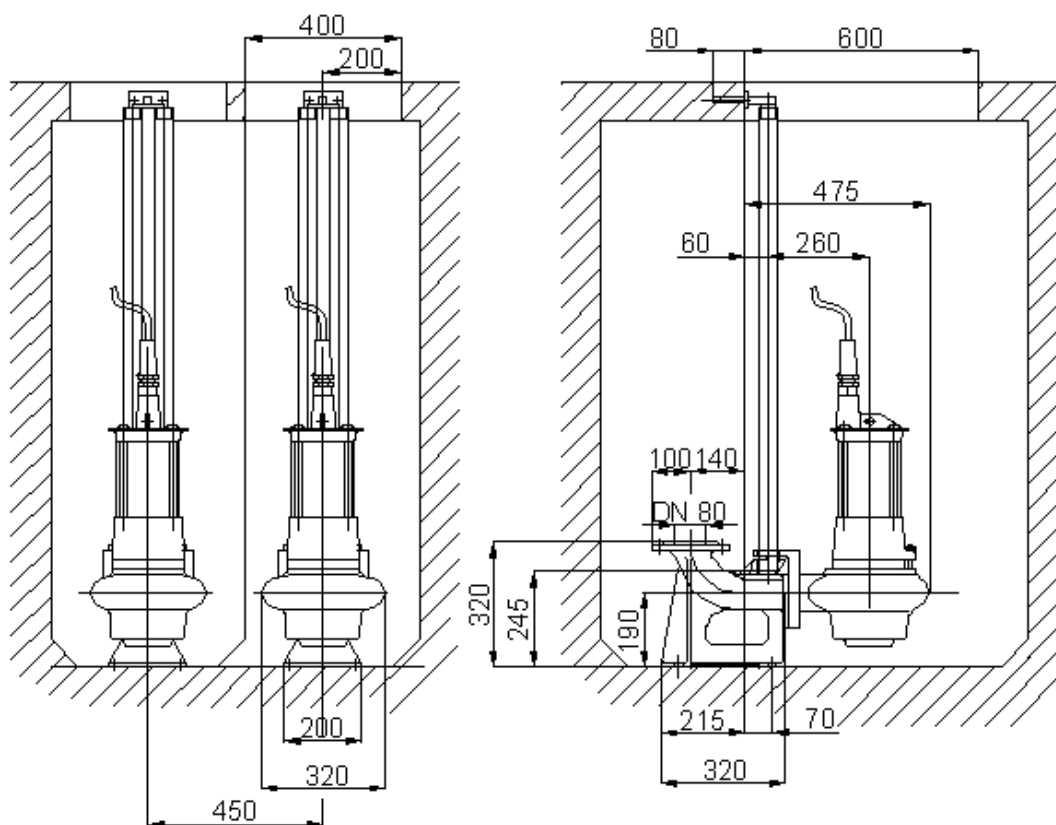
Obr. 2 - Řez jímkou čerpací stanice

### 2.2.2 Návrh čerpadla odpadní vody

Pro čerpání odpadních vod, musí být použito kalových čerpadel. Volba výkonu čerpadel úzce souvisí se součinitelem tření potrubí, průměrem potrubí, hustotou kapaliny a statickou výškou, ve které je ČS odpadních vod umístěna. V jímce jsou instalována dvě čerpadla, z nichž je vždy jedno v režimu provozu a druhé v režimu záskoku jako 100 % záloha. Čerpadla se střídají s určitou dobou provozních hodin, čímž je zajištěno jejich rovnoměrné opotřebení. Čerpadla mají speciální uchycení, které umožňuje jejich demontáž a servis bez zásahu do potrubí, na které je čerpadlo napojeno.

Jejich vyzdvížení je možné po otevření poklopu za pomoci řetězu, kterým dané čerpadlo vytáhneme po nainstalovaných saních ven z jímky. Zařízení pro vyzvednutí čerpadel je součástí dodaného čerpadla.

Následující obrázek byl dodán k navrženému typu čerpadel a zakresluje základní rozměry včetně způsobu jejich uchycení v jímce čerpací stanice.



Obr. 3 - Způsob ukotvení čerpadel

### 2.2.2.1 Výpočet parametrů čerpadla

Tabulka 1 - Zadané parametry výtlačku

hydraulická bilance		parametry výtlačku	
průtok za den $Q_{24}$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ )	153,0	maximální statická výška $h_{\text{stat}}$ (m)	4,80
průtok za hodinu $Q_h$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	17,6	délka potrubí $l$ (m)	180,00
průtok za vteřinu $Q_s$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$5 \cdot 10^{-3}$	materiál potrubí	ocel
$Q_s$ ( $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	5,0	průměr potrubí $D$ (m)	0,08

#### Rychlost proudění kapaliny

$$v = \frac{Q_s}{S_p} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (2.1)$$

#### Statický úbytek tlaku

$$p_{\text{sp}} = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad (\text{Pa}) \quad (2.2)$$

$\lambda$ (-)	- součinitel tření potrubí
$l$ (m)	- délka potrubí
$D$ (m)	- průměr potrubí
$\rho$ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	- hustota kapaliny
$v$ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	- rychlost kapaliny

Pro stanovení tlakové ztráty třením je nutné spočítat součinitel tření potrubí  $\lambda$ , který je závislý na hodnotě Reynoldsova čísla  $Re$  a hodnotě kinematické viskozity  $\gamma$ .

#### Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{v \cdot D}{\gamma} \quad (-), \quad (2.3)$$

kde  $\gamma$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) je kinematická viskozita.

Pro správné stanovení hodnoty součinitele odporu potrubí by se mělo vycházet z toho, zda je proudění v oblasti laminární nebo turbulentní. Tento fakt zjistíme z hodnoty Reynoldsova čísla  $Re$ . Pro hodnotu  $Re > 2320$  je nutné určit z Moodyho diagramu [10], jestli se jedná o pásmo hydraulicky hladkého potrubí, nebo o pásmo hydraulicky drsného potrubí. Na základě určení pásma dále zvolíme vzorec pro výpočet součinitele tření potrubí uvedený opět v literatuře [10].

V technické praxi se však pro stanovení součinitele tření  $\lambda$  (-) používá u proudění laminárního vztah

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (-) \quad (2.4)$$

a v celé oblasti proudění turbulentního vztah

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,7 \cdot D} \right), \quad (2.5)$$

známý jako Coolebrook-Whiteova rovnice.

Hodnota viskozity pro výpočet  $Re$  je závislá na teplotě kapaliny. Totéž platí i pro hustotu  $\rho$  kapaliny. Tyto hodnoty v závislosti na teplotě kapaliny můžeme nalézt v tabulkách [9].

Tabulka 2 - Vypočtené tabulkové hodnoty [9]

veličina	hodnota
kinematická viskozita $\nu_{[20^\circ\text{C}]}$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$1,003 \cdot 10^{-6}$
hustota kapaliny $\rho_{[20^\circ\text{C}]}$ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	998,1
součinitel tření potrubí $\lambda$ (-)	$2,292 \cdot 10^{-2}$

Výpočet součinitele tření potrubí  $\lambda$  je vzhledem ke složitosti rovnice obtížný, proto jsem k jeho výpočtu využil programu na internetu, který daný výpočet řeší [9].

### ***Tlaková ztráta místními odpory***

Je způsobena koleny, spoji, redukcemi, napojeními atd.. Ztráta místními odpory se vypočte dle vztahu

$$p_{zm} = \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad (\text{Pa}) , \quad (2.6)$$

kde  $\xi$  (-) je součinitel místní ztráty.

Tabulka 3 - Příklady součinitelů místního tření pro jednotlivé komponenty řešeného potrubí DN80 [9]

druh tvarovky potrubí	$\xi$ (-)	počet kusů v potrubí DN80
koleno DN 50, 45°	0,10	1
koleno DN 50, 90°	0,50	3
redukce – plynulé rozšíření	0,30	-
redukce – plynulé zúžení	1,50	-
spojení přírubovým spojem	0,05	-
spojení svárem	0,03	-

### **Přepočet tlaků na úbytek výšky**

Tlakovou ztrátu třením a statický úbytek tlaku jsem přepočítal na úbytky výšek dle následujících vztahů:

$$h_{zm} = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (\text{m}) \quad (2.7)$$

$$h_{sp} = \frac{l}{D} \cdot \frac{\lambda}{2 \cdot g} \cdot v^2 \quad (\text{m}) \quad (2.8)$$

### **Výpočty parametrů čerpadla**

*Průřez potrubí*

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 5,026 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

*rychlost proudění kapaliny na základě 2.1 je*

$$v = \frac{Q_s}{S_p} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5,026 \cdot 10^{-3}} = 0,995 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

*Tlakové ztráty v potrubí jsou dány součtem ztrát jednotlivých komponent dle 2.6*

$$p_{zm} = \xi_1 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho + 3 \cdot \xi_2 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad (\text{Pa}). \quad (2.9)$$

*Výpočet tlakových ztrát dle 2.9*

$$p_{zm} = (\xi_1 + 3 \cdot \xi_2) \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = (0,1 + 3 \cdot 0,5) \cdot \frac{0,995^2}{2} \cdot 998 = 790 \text{ Pa},$$

*Reynoldsovo číslo jsem určil na základě 2.3*

$$Re = \frac{v \cdot D}{\gamma} = \frac{0,995 \cdot 0,08}{1,003 \cdot 10^{-6}} = 79362,$$

*výpočet statického úbytku tlaku v potrubí dle 2.2*

$$p_{sp} = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 = 2,292 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{180}{0,08} \cdot \frac{1000}{2} \cdot 0,995^2 = 25476 \text{ Pa},$$

*přepočet na úbytky výšek pomocí 2.7 a 2.8*

$$h_{zm} = (1 \cdot \xi_1 + 3 \cdot \xi_2) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = (1 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,5) \cdot \frac{0,995^2}{20} = 0,079 \text{ m},$$

$$h_{sp} = \frac{l}{D} \cdot \frac{\lambda}{2 \cdot g} \cdot v^2 = \frac{180}{0,08} \cdot \frac{2,292 \cdot 10^{-2}}{20} \cdot 0,995^2 = 2,55 \text{ m}.$$



### *Dopravní výška čerpadla*

K dopravní výšce čerpadla jsem přičetl vypočtené úbytky výšky  $h_{zm}$  a  $h_{sp}$ , které jsou způsobeny statickým úbytkem tlaku a místními tlakovými ztrátami v potrubí.

$$h_1 = h_{sp} + h_{zm} + h_{stat} = 2,55 + 0,079 + 4,8 = 7,13 \text{ m}$$

Tabulka 4 - Vypočtené a výrobcem navržené parametry čerpadla

<b>potřebný návrhový bod čerpadla</b>		<b>předpokládaný návrhový bod čerpadla – navržen výrobcem čerpadel na základě vypočtených parametrů</b>	
čerpané množství $Q_h$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	18,00	čerpané množství $Q$ ( $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	5,5
čerpané množství $Q_s$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$5 \cdot 10^{-3}$	dopravní výška $h$ (m)	7,8
čerpané množství $Q_s$ ( $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	5,00	příkon čerpadla v pracovním bodu $P_{11}$ (kW)	0,8
dopravní výška $h_1$ (m)	7,13	výkon 3f asynchronního motoru $P_{22}$ (kW)	1,5

### **2.2.2.2 Parametry navrženého čerpadla**

Dle vypočtených parametrů jsem kontaktoval společnost Hidrostat Bohemia spol. s r.o., která mi navrhla na základě mých parametrů a jejich nabízeného sortimentu daný výkon a typ čerpadla.

#### ***Navržené čerpadlo***

Z nabídky jsem volil čerpadlo C0CQ-S01+CNZY4-GSEQ+NZ1Z1O-10-1,5 kW. Jedná se o ponorné čerpadlo kompletní s elektromotorem 400 V/50 Hz se zabudovanou tepelnou ochranou statoru (bimetal) a 10 m přívodním kabelem. Elektromotor čerpadla je v mokřem provedení, tudíž při čerpání nesmí trvale hladina čerpaného média klesnout pod úroveň horního víka elektromotoru čerpadla. Elektromotor je při čerpání chlazen čerpaným médiem.

#### ***Technické údaje čerpadla:***

- Čerpané množství: cca.  $5,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- čerpaná výška: 7,8 m,
- čerpané médium: splašková voda bez abrazivních příměsí,
- teplota média: max.  $40^\circ \text{C}$ ,
- příkon čerpadla v pracovním bodu: 0,8 kW,
- výkon elektromotoru: 1,5 kW,
- počet otáček:  $1350 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
- rozběh: přímý,
- jmenovitý proud: 5,3 A,
- rozběhový proud: 17,5 A,
- druh krytí: IP 68,
- sací hrdlo: DN 100,
- výtlačné hrdlo: DN 80,
- hmotnost: 62 kg.

### 2.2.3 Elektrické přístroje a snímače

Rozvaděč čerpací stanice jsem vybavil elektrickými přístroji a snímači pro ochranu a jištění projektovaného zařízení. Dále jsem navrhl elektrické přístroje k ovládání pohonů čerpací stanice. Výrobce a typ přístrojů jsem volil na základě databáze, kterou mi poskytla firma PROSPECT spol. s r.o..

- **Spouštěče, jističe**

Jedná se ochranu samočinného odpojení od zdroje v případě nadproudů nebo zkratů. Pro jištění motorů jsem volil motorových spouštěčů Schneider GZ1 M10 a pro jištění ostatních zařízení jističů značky OEZ s parametry uvedenými ve schématech zapojení.

- **Pojistky**

Navrhl jsem k jištění kabelové přípojky nn čerpací stanice. Pojistkové odpojovače v jisticí skříni R1 jsem osadil pojistkami LG 16318.

- **Proudové chrániče**

Proudové chrániče tvoří doplňkovou ochranu proti nebezpečnému dotyku na neživých částech elektrických zařízení. Chrániče jsem opět volil OFI-16-2-030 AC a OFI-25-4-030 AC od výrobce OEZ. Bude jich použito u servisní jednofázové a trojfázové zásuvky v rozvaděči RM1.

- **Stykače a relé**

Pro spínání čerpadel jsem použil stykače Schneider LC1D09P7. Sepnutí stykače provádí automat PLC nebo uživatel v ručním režimu.

Pomocná relé firmy FINDER jsou použita jako vazební relé pro předávání povelů a signálů na digitálních vstupech a výstupech PLC automatu. Jejich výhodou je malý proudový odběr, a tudíž nezatěžují výstup PLC. Jsou použita relé s napětími 230 VAC/5A, 24 VAC/5A, 24 VDC/6A a 12 VDC/6A.



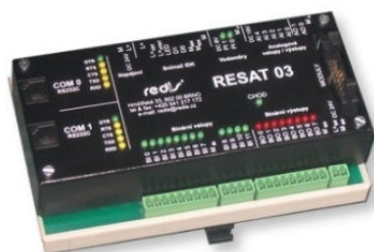
Obr. 4 - Relé FINDER pro upevnění na DIN lištu

- **Napájecí zdroje**

Volil jsem napájecí zdroje 230 VAC/24/12 VDC pro napájení telemetrické stanice, radiomodemu, magnetických spínačů a ultrazvukového čidla hladiny. Dále zdroj 230 VAC/24 VAC pro plovákové spínače.

- **Telemetrická stanice**

V automatickém režimu ČS jsem k řízení použil řídicího systému RESAT 03. Pomocí RESAT 03 se provádí veškeré řízení a monitorování ČS. Na základě programu dochází k řízení čerpací stanice jak lokálně, tak i dálkově. Systém je možné použít jako jednoduchý programovatelný automat PLC. Jedná se o systém pro monitorování, zadávání povelů a řízení vzdálených vstupů a výstupů. Monitorování a povelování je možné prostřednictvím radiomodemu nebo GSM komunikátoru, který se připojí přes sériové rozhraní RS 232.



Obr. 5 – Řídicí systém RESAT 03

- **Radiomodem**

Použil jsem modem Conel RDL 800 pro přenos dat a možnost dálkového řízení. Modem bude vysílat do nedaleké stávající čerpací stanice a odtud na dispečink SmVaK.



Obr. 6 - Modem Conel CDL 800

- **Snímače**

Na základě měření výšky hladiny v ČS pomocí ultrazvukového snímače hladiny probíhá zapínání a vypínání čerpadel po dosažení zapínací a vypínací hladiny. Pro případ selhání měření pomocí ultrazvukového snímače hladiny jsou v jímce instalovány plovákové snímače MIN. hladiny a MAX. hladiny vody v jímce. Poklopy jímky ČS jsou vybaveny magnetickými kontakty zabezpečovacího systému ČSOV. Ve vinutí čerpadel jsou umístěny tepelné ochrany (bimetal) pro ochranu motoru čerpadla před přehřátím.

Tabulka 5 - Tabulka použitých čidel

	<b>typ</b>	<b>výrobce</b>	<b>popis</b>
plovákový snímač	NIVOFLOAT	Nivelco	10 m přívodní kabel, kontakt přepínací
ultra zvuková sonda	SITRANS Probe LU	SIEMENS	dvouvodičová, 4-20 mA, rozsah 0-6 m
magnetický kontakt plastový	BP30	Olympo	pracovní vzdálenost 25 mm
magnetický kontakt hliníkový	BP33	Olympo	pracovní vzdálenost 50 mm

## 2.2.4 Rozvaděče

Při realizaci jsem použil dvou typů rozvaděčů a jedné pojistkové skříň. Elektroměrový rozvaděč RE1 je osazený u sloupu v místě napojení a druhý rozvaděč RM1 v objektu čerpací stanice.

- **R1**

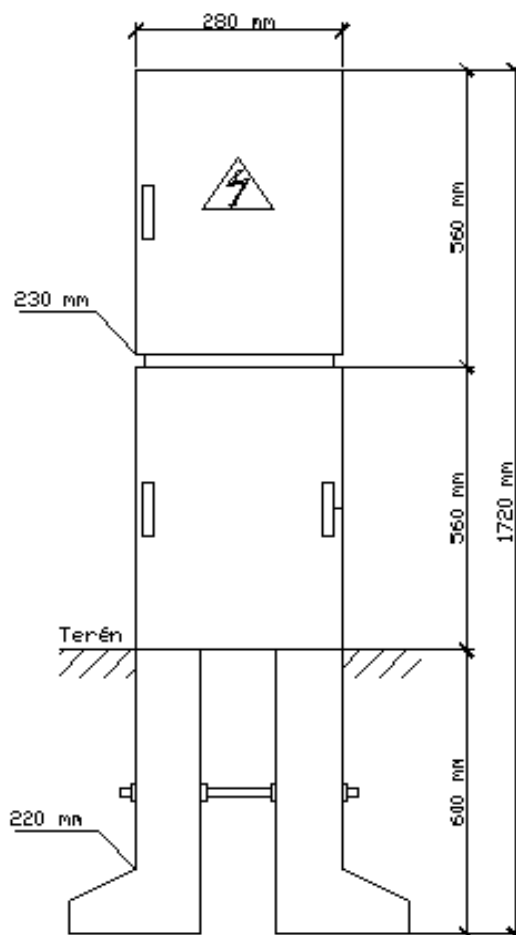
Zvolil jsem pojistkovou plastovou skříň PS 100A (SP 100/N SP1P) s krytím IP 44, na základě jejího nízkého nároku na údržbu a odolnosti proti venkovním vlivům. Jedná se o standardní provedení skříňe pro montáž na sloup o rozměrech 315 x 280 x 120 mm od výrobce ELPLAST – KPZ, viz. obr. 7.

- **Rozváděč RE1**

Zvolil jsem opět rozvaděč výrobce ELPLAST – KPZ, na základě doporučení a výše uvedených důvodů, typu PER 1 v plastovém provedení o rozměrech 280 x 1720 x 230 mm, včetně pilíře. Krytí elektroměrového rozvaděče je IP 44/20.



Obr. 7 - Pojistková skříň R1



Obr. 8 - Čelní pohled na rozvaděč RE1 s konstrukčními rozměry

### • Rozvaděč RM1

Na základě doporučení a praktických zkušeností firmy PROSPECT jsem volil plastový pilířový rozvaděč ELPLAST-KPZ s umělohmotným základem pro zapuštění do země. Nadzemní přístrojová část rozvaděče je s dvojitými dveřmi, opatřenými zámek. Rozměry nadzemní části rozvaděče RM 1 jsou  $š \times v \times hl. = 1115 \times 1630 \times 470$  mm. Krytí skříně je IP 44, po otevření IP 20.



Obr. 9 - Čelní pohled na rozvaděč RM1 výr. ELPLAST

### 2.2.5 Kabely a vodiče

Průřezy kabelů jsem navrhoval na daný výkon třífázových asynchronních motorů čerpadel v závislosti na délce jejich přívodů. Musel jsem spočítat dovolený procentní úbytek napětí na kabelu, z něhož jsem dále posoudil, zda daný kabel vyhovuje.

Procentní úbytek napětí lze vypočítat dle vztahu:

$$U_{[\%]} = \frac{R_{Cu} \cdot I_{rč}}{U_N} \quad (\%) \quad (2.10)$$

Při tomto posuzování jsem uvažoval s vlivem okolní teploty a způsobem uložení kabelu. Za základní teplotu okolí je pro uložení kabelu v zemi brána teplota 20 °C. Nejvyšší dovolená teplota PVC kabelu CYKY je 70 °C při trvalém zatížení.

Pokud se kabel tedy nachází v prostoru o teplotě větší než základní, je nutné přepočítat jeho proudové zatížení. Předpisy pro dimenzování kabelů se zabývá norma ČSN 33 2000-5-523ed.2.

Pro přepočet proudového zatížení kabelu  $I$  jsem použil vztahu [8]:

$$I = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{Nk} \quad (A) \quad (2.11)$$

- |          |   |
|----------|---|
| $I_{Nk}$ | - dovolené proudové zatížení dle druhu uložení kabelu |
| $k_1$    | - korekční činitel teploty prostředí kabelu           |
| $k_2$    | - korekční činitel pro seskupování kabelů             |

- **Silové kabely**

Pro napájení čerpadel jsem zvolil kabely CYKY-J-4 x1,5 mm<sup>2</sup> o délce 10 m, vhodné pro dané uložení do země. Jedná se o kabely pro rozvod elektrické energie do 750V v elektrických strojích, přístrojích a rozvaděčích.

- **Kabely snímačů**

Na základě doporučení jsem zvolil pro napojení spínačů a snímačů kabely CMFM-X 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> o jednotlivých délkách 10 m. Jedná se o stíněné ohebné PVC kabely pro pohyblivý rozvod elektrické energie do 500 V k ovládání, napájení elektrických nebo elektronických zařízení.



Obr. 10 - Kabel CMFM-X 3 x 0,75 mm<sup>2</sup>

- **Propojovací a ochranné vodiče**

V objektu je nutná doplňková ochrana proti úrazu elektrickým proudem (prostory zvláště nebezpečné). Tudíž bude základní ochrana rozšířena dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 o doplňující pospojování. Pospojování musí být provedeno zelenožlutým vodičem s průřezem  $S=6 \text{ mm}^2$ . Silové propojovací vodiče budou voleny dle průřezů kabelů vedených k použitým zařízením a střídavé řídicí okruhy pracovních strojů budou vedeny vodiči s červenou izolací o průřezu 1 mm<sup>2</sup>.

### 2.2.5.1 Ověření průřezu silových kabelů čerpadel

Kabely k čerpadlům jsem z důvodu ochrany proti poškození vedl v plastových trubkách KOPOFLEX DN 90 mm uložených ve výkopu v zemi. Teplota v zemi  $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ . Hodnoty jmenovitých a rozběhových proudů byly dodány firmou Hidrostat spol. s r.o., která daný typ čerpadla navrhla.

Tabulka 6 - Výchozí parametry pro výpočet proudového zatížení a procentního úbytku napětí

výchozí parametry	hodnota
jmenovitý proud čerpadla $I_{Nc} \text{ (A)}$	5,30
rozběhový proud čerpadla $I_{rč} \text{ (A)}$	17,50
teplota v zemi $\vartheta \text{ (}^\circ\text{C)}$	20,00
dovolené proudové zatížení kabelu pro typ uložení D $I_{Nk} \text{ (A)}$	18,00
korekční činitel teploty prostředí kabelu $k_1 \text{ (-)}$	1,00
korekční činitel pro seskupování kabelů $k_2 \text{ (-)}$	0,85
rezitivita mědi $\rho_{Cu} \text{ (}\Omega\cdot\text{m)}$	$1,75\cdot 10^{-6}$
– průřez měděného vodiče $S_{Cu} \text{ (m}^2\text{)}$	$1,5\cdot 10^{-6}$
délka kabelu $l_v \text{ (m)}$	10,00

### ***Výpočet úbytku napětí na kabelu CYKY J - 4 x 1,5 mm<sup>2</sup>***

Úbytek napětí na kabelu musí být počítán pro rozběhový proud kalového čerpadla, jelikož je několikanásobně větší při rozběhu. Tento rozběhový proud způsobí krátkodobé zvýšení úbytku napětí na kabelu, které vede k poklesu záběrového momentu čerpadla. Na základě tohoto poklesu by se čerpadlo nemuselo rozběhnout.

Výpočet dle vztahu 2.10

$$U_{[\%]} = \frac{R_{\text{Cu}} \cdot I_{\text{rč}}}{U_{\text{N}}} \cdot 100 = \frac{\rho \cdot l_v \cdot I_{\text{rč}}}{U_{\text{N}} \cdot S} \cdot 100 = \frac{1,75 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 17,5}{400 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} \cdot 100 = 0,51 \%$$

Vypočítaný úbytek napětí při rozběhu třífázového asynchronního motoru čerpadla jsem srovnal s dovoleným úbytkem 5 % a zjistil jsem, že je velmi malý a neovlivní rozběh tohoto čerpadla.

### ***Přepočet pro dlouhodobé zatížení kabelu CYKY J - 4 x 1,5 mm<sup>2</sup>***

Hodnotu dovoleného proudové zatížení vodiče pro typ uložení D jsem odečetl z tabulky normy ČSN 33 2000-5-523 ed. 2, stejně jako korekční činitele pro seskupování a teploty prostředí v zemi. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6 výše.

Výpočet dle vztahu 2.11

$$I = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{\text{Nk}} = 1 \cdot 0,85 \cdot 18 = 15,3 \text{ A}$$

Z výsledku plyne, že  $I > I_{\text{Nk}}$  a tudíž je kabel pro dlouhodobé zatížení vyhovující.

## 3 Realizace

### 3.1 Přípojka nízkého napětí k čerpací stanici odpadních vod

#### 3.1.1 Základní technické údaje

- **Napěťové soustavy**

Napájecí soustava

3 PEN, 50 Hz, 400 V/TN-C

- **Ochrana před úrazem elektrickým proudem:**

Bude provedena v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, ČSN 33 2000-5-54 ed. 2 a souvisejícími normami.

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části živých:

Izolací a krytím dle ČSN 33 2000-4-41ed. 2.

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části neživých:

Automatickým odpojením od zdroje dle ČSN 33 2000-4-41ed. 2.

- **Stupeň důležitosti dodávky elektrické energie:**

Je ve stupni 3, jde o třetí stupeň důležitosti bez zajištění zvláštních opatření pro napájení.

- **Energetické údaje o ČS:**

Instalovaný výkon:

$P_2 = 2 \times 1,5 \text{ kW}$  – motorické pohony  
0,5 kW – ostatní spotřebiče

Maximální současný příkon:

$P_1 = 2 \text{ kW}$

Spotřeba elektrické energie:

dle způsobu provozování ČSOV

Hlavní jistič před elektroměrem:

trojpólový, 16 A, charakteristika B

- **Ochrana proti zkratu a přetížení:**

Dle konkrétních případů jističi a pojistkami.

- **Vnější vlivy dle ČSN 33 2000-3 :**

Vnější vlivy jsem čerpal z informací společnosti PROSPECT, kde bylo komisí stanoveno prostředí venkovní AB8, nebezpečné. Jedná se o venkovní prostory a prostory nechráněné před atmosférickými vlivy s nízkými i vysokými teplotami.

- **Elektromagnetická kompatibilita:**

Veškerá použitá zařízení musí splňovat požadavky dané 61000-3-3 ed. 2 a Nařízení vlády z hlediska elektromagnetické kompatibility. Rovněž provedení montáží musí splňovat požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (řádné uzemňování, použití stíněných kabelů, odrušovacích filtrů atd.).



### 3.1.2 Technické řešení

- **Provedení přípojky nn k ČSOV**

Pro napojení se použije jističí skříň R1, která slouží jako HDS umístěná na sloupu venkovního distribučního vedení. Skříň R1 bude kabelem 1-AYKY-J- 4 x 16 mm<sup>2</sup> spojena s venkovním vedením. Z této skříně se kabelem 1-CYKY -J-4 x 10 mm<sup>2</sup> provede přípojkové vedení uložené v zemi v trubce KOPOFLEX do rozvaděče RE1. Trasa uložení kabelu bude provedena pod zpevněnou plochou v hloubce 1 m. Kabel přípojky je možno uložit souběžně s potrubím kanalizace. Uložení kabelových vedení se provede podle ČSN 33 2000-5-52 a ČSN 73 6005.

- **Rozvaděče**

Pojistková skříň R1 bude vybavena 1x trojpólovým pojistkovým odpínačem s válcovými pojistkami s dimenzí 25A. Skříň plní funkci HDS.

Elektroměrový rozvaděč RE1 bude osazen u sloupu v místě napojení. Bude v provedení kompaktního plastového typového elektroměrového pilíře pro zabudování do země. Vybaví se elektroměrem pro přímé měření elektrické energie a hlavním jističem o dimenzi 16 A s charakteristikou B. Krytí elektroměrového rozvaděče je IP 44/20.

- **Uzemnění**

Ochranný vodič přípojky PEN se uzemní v pojistkové skříni R1 a propojí s rozvaděčem RE 1. Uzemnění se provede strojeným vodičem a uzemňovacím páskem FeZn 30 x 4 mm uloženým nastojato ve výkopu pod napájecím kabelem. Horní hloubka uzemňovacího vodiče bude 1m. Odpor uzemnění  $R_z$  musí být menší než 5  $\Omega$ .

- **Trasa přípojky**

Před zahájením výkopových prací je nutno přesně zaměřit podzemní objekty a vyznačit je na povrchu. Ve volném terénu bude kabel uložen v pískovém loži 2 x 0,1 m a v hloubce 0,7 m pod povrchem, nebo v plastové trubce KOPOFLEX. V hloubce 0,3 m se trasa vyznačí výstražnou folií. Při uložení pod komunikací bude kabel v trubce KOPOFLEX v hloubce 1 m pod výkopem. Kabel bude uložen v převážné části trati v souběhu s potrubím. Kabely budou vedeny souběžně s kanalizačním vedením. Pro uložení kabelu, souběh a křížení platí ČSN 33 2000-5-52 a ČSN 73 6005.

## 3.2 Čerpací stanice odpadních vod

### 3.2.1 Základní technické údaje

- **Základní technické údaje**

Napěťové soustavy:

Silová:

3 NPE, 50 Hz, 320/400 V TN-C-S

Ovládací napětí:

1 NPE, 50 Hz, 230 V/TN-S

2 PE, DC 24 V/TN-S (FELV)

2 PE, DC 12 V/TN-S (FELV)

- **Energetické údaje:**

Instalovaný výkon:

$P_2 = 2 \times 1,5$  kW - motorické pohony

0,5 kW - ostatní spotřebiče

Maximální současný příkon:

$P_1 = 2$  kW

Stupeň zajištění dodávky elektrické energie:

stupeň 3, dle ČSN 34 1610, telemetrická stanice bude zálohována pomocí UPS.

- **Ochrana před úrazem elektrickým proudem**

Bude provedena v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, ČSN 33 2000-5-54 ed. 2. a souvisejícími normami.

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části živých:

Izolací a krytím dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2.

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části neživých:

Automatickým odpojením od zdroje dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2.

V objektech, kde je nutná doplňková ochrana před úrazem elektrickým proudem (prostory zvláště nebezpečné), bude základní ochrana rozšířena dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2 o doplňující pospojování, popřípadě o napájení spotřebičů přes proudové chrániče s reziduálním proudem do 30 mA.

- **Ochrana proti zkratu a přetížení**

Dle konkrétních případů pojistkami, jističi a motorovými jističi.

- **Ochrana proti přepětí:**

Se provede přepětovými ochranami ve třech stupních.

- **Elektromagnetická kompatibilita**

Zařízení musí splňovat požadavky dané ČSN EN 61000-3-3 ed. 2 a Nařízení vlády z hlediska elektromagnetické kompatibility. Provedení montáží musí splňovat požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (řádné uzemňování, použití stíněných kabelů, odrušovacích filtrů atd.).

### 3.2.2 Technické řešení

- **Instalovaná zařízení**

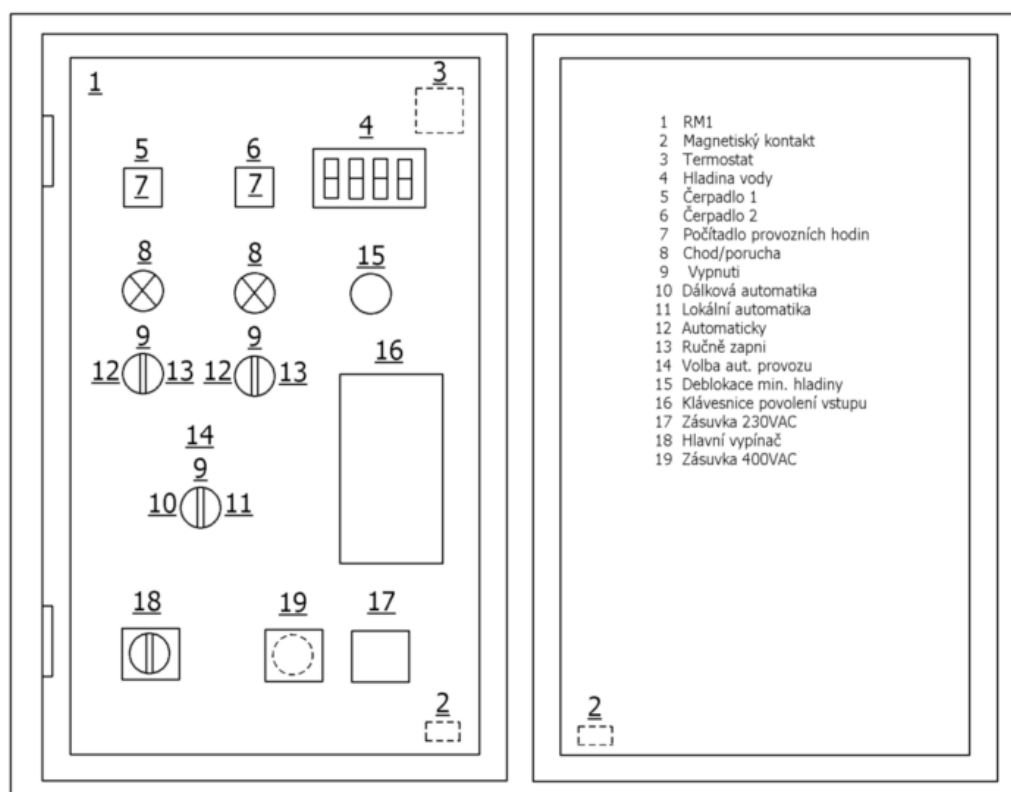
V čerpací stanici budou instalována následující elektrická zařízení, která budou napájena z rozvaděče RM1.

- 2 ks ponorné čerpadlo
- 1 ks ultrazvukové čidlo
- 2 ks limitní plovákový spínač
- 3 ks snímač otevření poklopů do čerpací jímky

- **Rozvaděč RM1**

Rozvaděč bude umístěn vedle čerpací jímky ve venkovním prostředí. Otevření venkovních dveří bude indikováno vnitřními magnetickými spínači (součást rozvaděče) napojenými na telemetrickou stanici.

Po otevření venkovních dveří se zpřístupní krycí panel s ovládacími a signalizačními prvky. Rozvaděč bude napájen kabelem přivedeným v zemi od samotného elektroměrového rozvaděče RE1. Přívod i vývody do rozvaděče se provedou kabely směrem dolů. V rozvaděči se umístí společné připojovací a jistící prvky a silové vývody pro ovládání čerpadel. Na vnitřních dveřích rozvaděče se osadí ovládací a signalizační prvky pro místní ovládání čerpadel, ukazatele motohodin čerpadel a ukazatel výšky hladiny v čerpací jímce.



Obr. 11 - Čelní pohled na otevřený rozvaděč RM1 s ovládacími prvky

Stykačové motorické vývody pro ponorná čerpadla budou jištěny uvedenými motorovými spouštěči. Ovládací napětí jsem volil na úrovni 230 VAC. V rozvaděči bude přepětíová ochrana 1. a 2. stupně v přívodu a 3. stupně pro napájecí obvody. Na zadní montážní desce v pravé části rozvaděče se umístí telemetrická stanice a radiomodemem.

Na vnitřních dveřích rozvaděče se umístí montážní zásuvky pro připojení servisního nářadí, a to 230 V/16 A a 400 V/32 A, jištěné proudovými chrániči. Pětipólová zásuvka 400 V/32 A bude jištěna ochranným prvkem se jmenovitou hodnotou jen 16 A. Rozvaděč bude temperován třemi topnými tělesy (výkon tělesa bude 45W). Při poklesu teploty pod 5°C se tělesa sepnou termostatem, umístěným uvnitř rozvaděče.

- **Vazby na telemetrickou stanici**

Na telemetrickou stanici se napojí vstupní binární signály z technologické části ČSOV. Další signály na telemetrickou stanici se přivedou z čidla měření výšky hladiny z plovákových spínačů a z komponentů EZS. Z telemetrické stanice do rozvaděče RM1 se povedou povely pro zapnutí jednotlivých čerpadel.

- **Doplnění radiomodemu do stávající ČSOV**

Telemetrická stanice bude přes radiomodem komunikovat s radiomodemem nově umístěným ve stávající čerpací stanici. Odtud se komunikační signál povede přes stávající radiomodem na dispečink SmVak. V rozvaděči stávající čerpací stanice je nutno provést v souvislosti s umístěním nového radiomodemu nezbytné úpravy. Tyto úpravy je nutno koordinovat s firmou, která spravuje dispečerský systém pro SmVak.

- **Režimy provozu**

Každé jednotlivé čerpadlo bude možno samostatně navolit do požadovaného režimu bez vazby na druhé čerpadlo. Budou k dispozici dva základní režimy provozu:

Automatický provoz

Tento provoz bude možno provozovat ve dvou režimech:

Lokální automatický provoz (místní automatika)- provoz je řízen telemetrickou stanicí.

Dálkový automatický provoz (dálková automatika)- provoz je řízen telemetrickou stanicí a přenos signálů o změnách stavu ČS je realizován na dispečink provozovatele. Z dispečinku provozovatele se budou operativně provádět zásahy do provozu ČSOV (zapnout, vypnout čerpadlo) a vyčítat hodnoty z čidel.

Přepínač volby provozu zvoleného čerpadla AUT - 0 - RUČNĚ ZAPNI, musí být při tomto provozu přepnut do polohy AUT.

Volbu režimu automatického provozování lze navolit přepínačem společným pro obě čerpadla na dveřích rozvaděče, s polohami LOKÁLNÍ AUTOMATIKA - 0 - DÁLKOVÁ AUTOMATIKA. V automatickém provozu lokálním i dálkovém bude řízení čerpadel realizováno softwarem telemetrické stanice. Ponorná čerpadla M1, M2 budou pracovat automaticky v závislosti na výšce hladiny v nátokovém prostoru.

Hladina ČS bude snímána ultrazvukovým čidlem hladiny. Po dosažení zapínací hladiny se zapne čerpadlo, které bude v programu navoleno jako první. Čerpadlo vyčerpá vodu až na úroveň vypínací hladiny a pak se ovládací logikou telemetrické stanice vypne. V případě poruchy navoleného hlavního čerpadla bude druhé čerpadlo automaticky zaskakovat za první. Po vyčerpání vody na úroveň vypínací hladiny se pracující čerpadlo vypne. Program telemetrické stanice zabezpečí střídání čerpadel po nastavené době provozu, aby bylo zajištěno rovnoměrné opotřebení čerpadel. Program jednou za den provede vyčerpání jímky až do dna. Při tomto čerpání nebudou brány v úvahu blokovací podmínky limitního čidla minimální hladiny. Po vyčerpání do dna se program opět vrátí do běžného režimu.

#### Ruční provoz

Přepínač zvoleného čerpadla AUT - 0 - RUČNĚ ZAPNI musí být při tomto provozu přepnut do polohy RUČNĚ ZAPNI. Tímto se vybrané čerpadlo uvede do chodu, pokud jsou splněny základní blokovací podmínky.

Pro možnost ovládání čerpadel při servisních zásazích bez vazby na program telemetrické stanice bude možno každé z čerpadel zvlášť zapnout přepínačem volby provozu AUT – 0 - RUČNĚ ZAPNI, přepnutím do polohy RUČNĚ ZAPNI.

Zvolený režim je určen pro provádění zkoušek a servisních zásahů. V tomto režimu budou čerpadla blokována proti chodu na sucho plovákovým spínačem min. hladiny. Pro možnost vyčerpání jímky až na dno i v ručním režimu, tedy pod úroveň plovákového snímače min. hladiny, bude na dveřích rozvaděče RM1 instalováno tlačítko DEBLOK MIN. HLADINY pro přemostění plováku min. hladiny. Po dobu stisknutí bude plovák VYP.MIN odstaven ze své funkce. Uvolněním stisku se plovák vrátí do normálního režimu. Při tomto výjimečném provozu za přítomnosti obsluhy je nutno dbát zvýšené opatrnosti při čerpání do dna. Čerpadla již nejsou chlazena vodou a dlouhodobý chod by mohl způsobit jejich nepovolené přehřátí.

#### • **Provozní čidla**

##### Čidla hladiny:

Hladiny v čerpací jímce odpovídají dvěma úrovním VYP.MIN a HAV. MAX. a budou snímány plovákovými čidly. Havarijní plovákový snímač maximální hladiny HAV. MAX bude připojen pouze na telemetrickou stanici pro potřebu dálkové signalizace. Ultrazvukové měření hladiny je s proudovým výstupem 4-20 mA a připojí se na místní digitální ukazatel i na telemetrickou stanici.

#### • **Zabezpečení stanice:**

Pod vnějšími dveřmi rozvaděčové části plastového pilíře, které zpřístupňují rozvaděč RM1, a pod poklopy zpřístupňující čerpací jímku, budou umístěny magnetické snímače, které signalizují jejich otevření. Tyto snímače se napojí na modul digitálních vstupů telemetrické stanice. Odblokování funkce všech snímačů při příchodu oprávněné osoby se provede přes kódovou klávesnici umístěnou na vnitřních dveřích v levé části rozvaděče RM1.

- **Kabelová vedení**

Kabely mezi rozvaděčem RM1 a čerpací jímkou se uloží v plastových trubkách KOPOFLEX o DN 90 mm v zemi ve výkopu. V obvodovém plášti čerpací jímky se vybudují prostupy ze země pro kabely a uzemňovací pásek FeZn 30 x 4 mm. Po zatažení trubek ze země do jímky je trubky nutno vodotěsně utěsnit v základu. Po uložení kabelů budou kabely v trubkách vodotěsně utěsněny. Uvnitř ČS budou vývody k jednotlivým spotřebičům a čidlům vedeny v plastových trubkách.

- **Uzemnění a pospojování**

Uzemnění se provede strojeným zemničem z vodiče FeZn o průměru 10 mm, doplněným o tři zemnicí tyče. Horní hloubka uložení zemnicí tyče je 0,6 m. Z RM1 se vyvede drát FeZn s průměrem 10 mm do jímky čerpací stanice, kde bude ukončen na připojovací svorkovnici WERIT (hlavní uzemňovací svorka- HUS), která slouží pro připojení hlavního pospojování v jímce ČS. Na HUS se také uzemní stožár radiomodemu. Odpor uzemnění  $R_Z$  musí být menší než 10  $\Omega$ .

## 4 Zhodnocení zkušeností získaných ve firmě

V prostředí firmy PROSPECT spol. s r.o. jsem se seznámil se způsoby projektování rozvodů elektrických zařízení a také s obsahem dokumentací pro stavební povolení a provádění stavby, které je potřeba zpracovat před realizací daného projektu. Tyto dokumentace jsou velice obsáhlé a řeší spoustu důležitých věcí od realizace, až po bezpečnost práce během provádění prací a likvidaci vzniklých odpadů.

Během praxe ve firmě jsem si značně zdokonalil znalosti v softwaru ePLAN P8, v softwaru AutoCAD a orientaci v normách ČSN, což bylo pro mě největším přínosem. Díky ochotným projektantům ve firmě PROSPECT spol. s r.o. mi byla jakákoli nejasnost v dokumentacích či schématech zapojení podrobně rozebrána a vysvětlena.

Nabyté zkušenosti v oblasti projektování elektrických zařízení a silnoproudých rozvodů elektrické energie, mi byly velice užitečné jak do navazujícího studia, tak do budoucího zaměstnání. Znalosti, které jsem získal díky projektantům firmy PROSPECT spol. s r.o. byly pro mě velice zajímavé a při studiu jsem se s nimi setkal pouze částečně.

Bylo mi umožněno nahlížet do kompletních dokumentací, schémat zapojení a rozvaděčů zapojovaných v dílně firmy, kde jsem mohl vidět způsob propojení jednotlivých komponentů užitých v rozvaděči. Svoji bakalářskou práci jsem realizoval na počítačovém pracovišti zřízeném za podpory prostředků projektu ESF „ICT a elektrotechnika pro praxi“, reg. číslo CZ.1.07/2.2.00/07.0351 ve firmě PROSPECT spol. s r.o., která je partnerem toho projektu.

Naučil jsem se orientovat ve schématech zapojení a projektovat základní řízení pohonů čerpadel týkajících se bakalářské práce. Vzhledem ke spolupráci firmy PROSPECT spol. s r.o. s mnoha dalšími firmami, mi bylo umožněno nahlédnout do problematiky nejen silnoproudých rozvodů elektrické energie a způsobů řízení čerpacích stanic, ale i do problematiky výpočtů potrubí, na jejichž základě jsou navržena v bakalářské práci kalová čerpadla.

Pro výběr komponent, kterými jsou vybaveny rozvaděče čerpací stanice odpadních vod a přípojky nízkého napětí, jsem využíval katalogy výrobců poskytnuté firmou nebo databázi přístrojů v softwaru ePLAN, kterou si firma vytvořila.

Po srovnání znalostí nabytých studiem jsem došel k závěru, že rozsah výuky projektování elektrických zařízení nebyl tak široce zaměřen a tudíž praxe ve firmě byla žádoucím vyplněním vzniklých mezer ve znalostech problematiky projektování elektrických zařízení a silnoproudých rozvodů.

## 5 Závěr

V teoretické části své bakalářské práce jsem se seznámil se základními obsahy dokumentací a s vybavením čerpací stanice. Uvedené dokumentace je nutno zpracovat před zahájením technické realizace čerpací stanice.

V části vybavení čerpací stanice odpadních vod jsem rozebral problematiku jímky čerpací stanice, výpočtu parametrů kalových čerpadel a kabelového vedení, ze kterého budou pohony čerpadel napájeny. Dále jsem navrhl z poskytnutých katalogů a databáze softwaru ePLAN P8 typy elektrických přístrojů, snímačů a rozvaděčů, ve kterých budou přístroje osazeny.

Problematiku výpočtu parametrů kalových čerpadel jsem po dohodě konzultoval s technikem firmy KONEKO spol. s r.o.. Ten mi poskytl potřebné informace pro výpočet výtlačné výšky a průtoku čerpadel. Na základě těchto výsledků jsem nechal doporučenou firmou navrhnout kalová čerpadla. Návrh čerpadel provedla firma Hidrosta Bohemia s.r.o. a jejich přesná specifikace je doložena v příloze bakalářské práce.

V části realizace jsem se věnoval přípojce nízkého napětí pro čerpací stanici a samotnému objektu čerpací stanice. V jednotlivých částech přípojky a čerpací stanice jsem popsal základní technické údaje, které pojednávají o typu napěťové soustavy, energetických údajích, způsobu ochrany před úrazem elektrickým proudem, ochraně proti zkratu a přetížení.

Další částí realizace je technické řešení přípojky nízkého napětí čerpací stanice a samotné čerpací stanice.

U technického řešení přípojky nn jsem uvedl způsob napojení ze sloupu distribučního vedení, umístění a napojení rozvaděče. Dále způsob uložení a specifikaci kabelů, včetně jištění a popisu uzemnění.

V části technického řešení čerpací stanice jsem popsal umístění a napojení rozvaděče RM1, instalovaná zařízení v rozvaděči, provozní čidla, vazby na telemetrickou stanici, popis režimu provozu a ovládání čerpací stanice, které je ruční nebo automatické. Dále jsem uvedl způsob uzemnění v objektu čerpací stanice včetně doplňkového pospojování, které je vzhledem k objektu nutno provést.

Schémata zapojení a ostatní výkresy jsou součástí přílohy bakalářské práce a byly vypracovány pomocí softwaru ePLAN P8 a AutoCAD. Práce byla vypracována na základě existující čerpací stanice odpadních vod v Malých Hošticích v okrese Opava a její obsah může být použit pro výuku v předmětech, které se zabývají problematikou projektování v elektrotechnice.



## Seznam literatury

### Literatura

- [1] DVOŘÁČEK, K., CSIRIK, V.: Projektování elektrických zařízení, IN-EL, Praha, ISBN 80-86230-10-4.
- [2] HEŘMAN, J., TRINKEWITZ, Z. a kol.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace, Verlag Dashover nakladatelství, Praha 2007, ISBN 80-86897-06-0.
- [3] VRÁNA, V., NEBORÁK, I.: Elektrické pohony - Sbírka řešených příkladů. 1. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1990. 206s. ISBN 80-7078-062-2, str. 15-16.
- [4] ČERMÁK, T.: Elektrické pohony. 2. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1987. 301 s., str. 13-14.
- [5] ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Elektrické instalace nízkého napětí: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Praha: Český normalizační institut, 2007. 52 s.
- [6] ČSN 33 2000-5-54 ed. 2. Elektrické instalace nízkého napětí - Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování. Praha: Český normalizační institut, 2007. 52 s.
- [7] ČSN 33 2000-5-52. Elektrická zařízení - Výběr a stavba elektrických zařízení -Výběr soustav a stavba vedení. Praha: Český normalizační institut, 1998. 56 s.
- [8] ČSN 33 2000-5-523 ed. 2. Elektrické instalace budov: Výběr a stavba elektrických zařízení - Dovolené proudy v elektrických rozvodech. Praha: Český normalizační institut, 2003. 56 s.

### Internetové zdroje

- [9] <http://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty>
- [10] [http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008\\_sekce/pdf/1\\_4/Plasek\\_Josef\\_CL.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008_sekce/pdf/1_4/Plasek_Josef_CL.pdf)

## **Přílohy**

Dokumentace pro provádění stavby      - číslo přílohy 09013-01-06  
- číslo přílohy 09013-02-05